

Водные биоресурсы и среда обитания
2021, том 4, номер 1, с. 19–27
<http://journal.azniirkh.ru>, www.azniirkh.ru
doi: 10.47921/2619-1024_2021_4_1_19
ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online



Aquatic Bioresources & Environment
2021, vol. 4, no. 1, pp. 19–27
<http://journal.azniirkh.ru>, www.azniirkh.ru
doi: 10.47921/2619-1024_2021_4_1_19
ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online

УДК 628.394.17:665.6 (262.54)

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АЗОВСКОГО МОРЯ В ПЕРИОД 2016–2020 ГГ.

© 2021 И. В. Кораблина, Л. Ф. Павленко, Т. Л. Клименко,
Н. С. Анохина, В. С. Экилик, И. А. Савчук, В. В. Рыжкова

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону 344002, Россия
E-mail: pavlenko.lili@yandex.ru*

Аннотация. В статье представлены результаты мониторинга нефтяного загрязнения воды и донных отложений Азовского моря в летний и осенний периоды 2016–2020 гг. Обнаруженные концентрации нефтепродуктов приведены по суммарному содержанию основных нефтяных компонентов — углеводородов, смол и асфальтенов. В отдельных пробах воды концентрации нефтепродуктов варьировали в летний период от <0,02 до 2,0 мг/дм³, в осенний — от <0,02 до 0,20 мг/дм³. В различные годы средневзвешенные концентрации нефтепродуктов в воде превышали предельно допустимую норму (0,05 мг/дм³): летом в 0,08–2,6 раза, осенью в 0,08–1,2 раза. В донных отложениях концентрации нефтепродуктов летом находились в диапазоне <0,02–1,01 г/кг, осенью — 0,02–0,85 г/кг сухой массы; средневзвешенные концентрации в летний период менялись от 0,19 до 0,55 мг/дм³, в осенний — от 0,25 до 0,34 мг/дм³. Более половины исследованных донных отложений моря относятся к категории загрязнения, при котором отмечается снижение видового разнообразия и замена доминирующих форм. Согласно усредненным за рассматриваемый период данным, более высокое загрязнение воды и донных отложений отмечается в центральных районах Таганрогского залива и собственно моря. Наибольшее поступление нефтепродуктов происходит в осенний период в восточные районы Таганрогского залива и собственно моря, в летние периоды — в южный район моря.

Ключевые слова: Азовское море, качество воды, донные отложения, нефтяное загрязнение

CHARACTERIZATION OF OIL POLLUTION OF THE AZOV SEA IN 2016–2020

I. V. Korablina, L. F. Pavlenko, T. L. Klimenko,
N. S. Anokhina, V. S. Ekilik, I. A. Savchuk, V. V. Ryzhkova

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don 344002, Russia
E-mail: pavlenko.lili@yandex.ru*

Abstract. This article presents the results of oil pollution monitoring of water and bottom sediments of the Azov Sea in the summer and autumn seasons of 2016–2020. The detected concentrations of petroleum products are given in terms of the total content of the main petroleum components: hydrocarbons, resins, and asphaltenes. In some water samples, the concentrations of petroleum products varied from <0.02 to 2.0 mg/dm^3 in summer, and from <0.02 to 0.20 mg/dm^3 in autumn. In various years, the weighted average concentrations of petroleum products in water exceeded the maximum permissible level (0.05 mg/dm^3) by 0.08–2.6 times in summer, and by 0.08–1.2 times in autumn. In sediments, the concentrations of petroleum products were in the range of <0.02 – 1.01 g/kg in summer, and 0.02 – 0.85 g/kg dry weight in autumn; the weighted average concentrations varied from 0.19 to 0.55 mg/dm^3 and from 0.25 to 0.34 mg/dm^3 during the summer and autumn seasons, respectively. More than a half of the investigated sea bottom sediments belong to the category of pollution indicated by a decrease in species diversity and the replacement of dominant forms. According to the data averaged over the period under study, higher pollution of water and bottom sediments is observed in the central regions of the Taganrog Bay and the sea. The most significant inflow of petroleum products occurs in the eastern regions of the Taganrog Bay and the sea in autumn, and in the southern region of the sea in summer.

Keywords: Azov Sea, water quality, bottom sediments, oil pollution

ВВЕДЕНИЕ

К одним из наиболее распространенных и в то же время трудно определяемых веществ, загрязняющих экосистемы пресных и морских водных объектов, относятся нефть и нефтепродукты [1, 2]. Присутствие в составе нефти и нефтепродуктов соединений, представляющих угрозу как для жизни водных организмов, так и для их функционального состояния, обуславливает включение показателя «нефтепродукты» во все национальные и международные программы по защите окружающей среды [3–5]. Трудность контроля нефтяного загрязнения связана со сложностью и непостоянством компонентного состава нефти и нефтепродуктов, включающего тысячи соединений, обладающих различными свойствами, которые могут быть положены в основу их аналитического определения [6].

В работе дана обобщенная характеристика нефтяного загрязнения Азовского моря по данным летних и осенних наблюдений 2016–2020 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для оценки нефтяного загрязнения Азовского моря использованы пробы воды и донных отложений, отобранные на 28 стандартных станциях в летний и осенний периоды 2016–2020 гг. Станции равномерно расположены на акватории трех районов Таганрогского залива и пяти районов моря (без Таганрогского залива). Постоянство долей площадей отдельных районов и объемов их водных масс позволяет получать среднеарифметические и средневзвешенные данные по пространственно-

временному распределению компонентов нефтяного загрязнения по акватории Таганрогского залива, собственно моря и моря в целом.

При проведении мониторинга нефтяного загрязнения Азовского моря использованы разработанные специалистами АзНИИРХ методики, учитывающие содержание основных групповых компонентов нефти и нефтепродуктов — углеводов, смол и асфальтенов.

Методики метрологически аттестованы и зарегистрированы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений под шифрами ФР.1.31.2005.01511 и ФР.1.29.2012.12493 [7, 8].

Методики основаны на экстракции нефтепродуктов (из воды — четыреххлористым углеродом, из донных отложений — ацетоном и хлороформом), на концентрировании экстракта, хроматографическом разделении на отдельные нефтяные компоненты (углеводороды и смолистые вещества) в тонком слое оксида алюминия и на их количественном определении. Определение количества углеводов в воде проводили комбинированным спектрофотометрическим методом, основанном на измерении поглощения элюатов углеводов одновременно в инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра, что позволяет учитывать как ароматическую, так и парафино-нафтеновую фракции, независимо от их соотношения в исследуемой пробе. Определение смолистых веществ и углеводов в донных отложениях проводили методом люминесцентной спектроскопии.

Содержание нефтяных компонентов определяли с использованием ИК-спектрофотометра

IR-270-50 (HITACHI, Япония), УФ-спектрофотометра UV-2450 (SHIMADZU, Япония) и спектрофлуориметра RF-5301 PC (SHIMADZU, Япония).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В рассматриваемый период наблюдений (2016–2020 гг.) в отдельных пробах воды акватории Азовского моря концентрации нефтепродуктов (НП) варьировали в летний период от $<0,02$ до $2,0$ мг/дм³, в осенний — от $<0,02$ до $0,20$ мг/дм³ (табл. 1). Средневзвешенные концентрации НП для всего моря находились в диапазоне $0,08$ – $2,6$ ПДК летом и $0,08$ – $1,2$ ПДК осенью.

Максимальная частота встречаемости случаев превышения предельно допустимой концентрации для водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДК_{р/х} = $0,05$ мг/дм³), составившая $62,5$ % от проанализированных проб воды, зафиксирована летом 2017 г., в связи с чем загрязнение по классификации РД 52.24.643-2002 характеризуется как устойчивое низкого уровня [9]. Летом 2019 г. средний уровень загрязнения моря был

максимальным ($2,6$ ПДК). В остальные периоды наблюдений нефтяное загрязнение моря характеризуется как неустойчивое низкого уровня (табл. 1).

За последние пять лет концентрации нефтепродуктов в воде моря заметно снизились по сравнению с предыдущим периодом наблюдений (1985–2016 гг.), в течение которого концентрации НП в отдельных пробах воды Азовского моря варьировали в пределах от $<0,015$ мг/дм³ до аномально высокого значения — $5,26$ мг/дм³, а средневзвешенные среднегодовые значения находились в диапазоне $0,23$ – $0,54$ мг/дм³, т. е. превышали ПДК в $4,8$ – $10,8$ раз [10].

В летние периоды 2016–2020 гг. концентрации НП в воде различных районов моря в среднем превышали ПДК_{р/х}, за исключением южного района собственно моря. Максимальное загрязнение (2 ПДК_{р/х}) отмечено в центральном районе Таганрогского залива. В осенние периоды наблюдений концентрации НП во всех районах моря были ниже, чем в летние. Наиболее высокое

Таблица 1. Характеристика нефтяного загрязнения водной толщи Азовского моря в различные сезоны 2016–2020 гг.

Table 1. Characterization of oil pollution of the Azov Sea water column in different seasons of 2016–2020

| Год Year | Сезон Season | Диапазон, мг/дм ³ Range, mg/dm ³ | Среднее, мг/дм ³ Average, mg/dm ³ | Стандартное отклонение, мг/дм ³ Standard deviation, mg/dm ³ | Доверительный интервал, мг/дм ³ Confidence interval, mg/dm ³ | % проб с превышением ПДК % of samples with MPC exceedance | Характеристика загрязнения Characterization of pollution |
|-------------|-----------------|---|--|--|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 2016 | лето summer | 0,02–0,19 | 0,04 | 0,036 | ±0,013 | 16,7 | Неустойчивое низкого уровня Low-level, non-persistent |
| | осень autumn | 0,02–0,09 | 0,04 | 0,019 | ±0,007 | 20,0 | Неустойчивое низкого уровня Low-level, non-persistent |
| 2017 | лето summer | <0,02–0,25 | 0,09 | 0,065 | ±0,023 | 62,5 | Устойчивое низкого уровня Low-level, persistent |
| | осень autumn | <0,02–0,12 | 0,06 | 0,033 | ±0,011 | 29,0 | Неустойчивое низкого уровня Low-level, non-persistent |

Таблица 1 (окончание)

Table 1 (finished)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|-----------------|------------|------|-------|--------|------|--|
| 2018 | лето summer | 0,02–0,14 | 0,05 | 0,026 | ±0,009 | 31,3 | Неустойчивое низкого уровня Low-level, non-persistent |
| | осень autumn | <0,02–0,20 | 0,06 | 0,051 | ±0,018 | 37,5 | Неустойчивое низкого уровня Low-level, non-persistent |
| 2019 | лето summer | <0,02–2,00 | 0,13 | 0,043 | ±0,015 | 46,9 | Неустойчивое среднего уровня Medium-level, non-persistent |
| | осень autumn | <0,02–0,05 | 0,03 | 0,011 | ±0,004 | 0,0 | Неустойчивое низкого уровня Low-level, non-persistent |
| 2020 | лето summer | <0,02–0,83 | 0,07 | 0,018 | ±0,006 | 25,0 | Неустойчивое низкого уровня Low-level, non-persistent |
| | осень autumn | <0,02–0,11 | 0,04 | 0,027 | ±0,020 | 21,4 | Неустойчивое низкого уровня Low-level, non-persistent |

загрязнение (около 1 ПДК_{р/х}) зафиксировано в центральных районах Таганрогского залива и собственно моря (рис. 1).

В донных отложениях Азовского моря в период 2016–2020 гг. концентрации НП летом находились в диапазоне <0,02–1,01 г/кг, осенью — 0,02–0,85 г/кг сухой массы (табл. 2). В рассматриваемый период средневзвешенные концентрации НП летом менялись от 0,19 до 0,55 г/кг, осенью — от 0,25 до 0,34 г/кг.

С 2002 г. концентрации НП в донных отложениях моря, в отличие от их концентраций в водной толще, не уменьшаются и находятся в сопоставимом диапазоне 0,20–0,60 г/кг сухой массы. Как и в предыдущий период (1985–2016 гг.), динамика нефтяного загрязнения донных отложений из года в год характеризуется волнообразным увеличением и уменьшением концентраций НП (табл. 2).

Для оценки загрязненности донных отложений Азовского моря использован норматив, утвержденный в качестве регионального для Ханты-

Мансийского автономного округа; к сожалению, он не учитывает тип донных осадков, от которого в значительной мере зависит степень перехода нефтяных компонентов в воду. Данный норматив предназначен для применения контролирующими органами и хозяйствующими субъектами при оценке состояния поверхностных водных объектов, а также при планировании, проектировании и производстве работ, прямо или косвенно влияющих на состояние донных экосистем [11], и был использован в связи с отсутствием более приемлемых нормативов.

В соответствии с указанным выше нормативом более половины исследованных донных отложений моря относятся к категории «сильный уровень загрязнения», при котором отмечаются снижение видового разнообразия и замена доминирующих форм (табл. 3). Исключение составили результаты, полученные летом 2016 г., когда в почти 52 % исследованных проб донных отложений был обнаружен экстремальный уровень загрязнения, при котором отмечается резкое обеднение донного сообщества

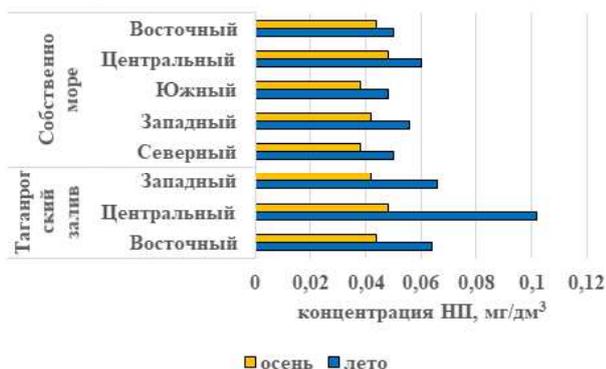


Рис. 1. Средние концентрации нефтепродуктов в летние и осенние периоды 2016–2020 гг. в воде различных районов Таганрогского залива и собственно моря

Fig. 1. Average concentrations of petroleum products in the summer and autumn seasons of 2016–2020 in the water of different areas of the Taganrog Bay and Azov Sea

и доминирование устойчивых организмов, а в 6 % проб был отмечен критический уровень, для которого характерно полное отсутствие гидробионтов.

Согласно усредненным за пять лет результатам наблюдений, в Таганрогском заливе независимо от сезона наиболее загрязнены донные осадки центрального района, а в собственно море — центрального и южного районов (рис. 2). При этом в заливе более высокие концентрации отмечены в осенний период, а в собственно море, напротив, — в летний период, что в значительной степени связано с разными окислительными и восстановительными процессами трансформации нефтяных компонентов, сорбированных донными отложениями.

На рис. 3 представлено типичное для летнего и осеннего периодов распределение показателя водородного потенциала, характеризующего преобладание окислительных или восстановительных процессов в донных отложениях. Водородный потенциал рассчитан по формуле: $rH_2 = (Eh + 200) / 30 + 2pH$ [12]. В соответствии с существующей градацией при rH_2 выше 25 преобладают окислительные процессы разной интенсивности, ниже 25 — восстановительные, а ниже 20 — интенсивные восстановительные.

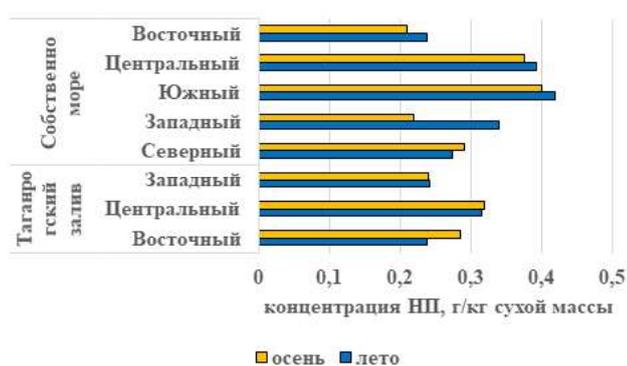
Таблица 2. Характеристика нефтяного загрязнения донных отложений Азовского моря в различные сезоны 2016–2020 гг.

Table 2. Characterization of oil pollution of the Azov Sea bottom sediments in different seasons of 2016–2020

| Год Year | Сезон Season | Диапазон, г/кг Range, g/kg | Среднее, г/кг Average, g/kg | Стандартное отклонение, г/кг Standard deviation, g/kg | Доверительный интервал, г/кг Confidence interval, g/kg |
|-------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|--|---|
| 2016 | лето summer | 0,05–1,01 | 0,55 | 0,304 | ±0,112 |
| | осень autumn | 0,03–0,50 | 0,28 | 0,154 | ±0,056 |
| 2017 | лето summer | <0,02–0,43 | 0,29 | 0,132 | ±0,046 |
| | осень autumn | 0,09–0,81 | 0,34 | 0,199 | ±0,070 |
| 2018 | лето summer | 0,02–0,74 | 0,40 | 0,198 | ±0,069 |
| | осень autumn | 0,04–0,63 | 0,28 | 0,157 | ±0,055 |
| 2019 | лето summer | 0,02–0,47 | 0,23 | 0,129 | ±0,059 |
| | осень autumn | 0,03–0,85 | 0,28 | 0,419 | ±0,145 |
| 2020 | лето summer | 0,02–0,54 | 0,19 | 0,023 | ±0,011 |
| | осень autumn | 0,02–0,50 | 0,25 | 0,161 | ±0,090 |

Таблица 3. Характеристика нефтяного загрязнения донных отложений Азовского моря в 2016–2020 гг.**Table 3.** Characterization of oil pollution of the Azov Sea bottom sediments in 2016–2020

| Годы Years | Сезон Season | Доля проб с различным уровнем загрязнения, % Share of the samples with a given level of pollution, % | | | | | |
|---------------|-----------------|---|--|---|---|--|---|
| | | фоновое, <0,02 г/кг background, <0.02 g/kg | слабое, 0,021– 0,050 г/кг low, 0.021– 0.050 g/kg | умеренное, 0,051– 0,100 г/кг moderate, 0.051– 0.100 g/kg | сильное, 0,101– 0,500 г/кг high, 0.101– 0.500 g/kg | экстремальное, 0,501– 1,000 г/кг extreme, 0.501– 1.000 g/kg | критическое, >1,000 г/кг critical, >1.000 g/kg |
| 2016 | лето summer | – | 6,9 | 6,9 | 27,6 | 51,7 | 6,0 |
| | осень autumn | – | 11,1 | – | 85,9 | – | – |
| 2017 | лето summer | 3,3 | 10,0 | 13,3 | 73,4 | – | – |
| | осень autumn | – | – | 10,0 | 70,0 | 20,0 | – |
| 2018 | лето summer | – | 6,3 | 6,3 | 50,0 | 37,4 | – |
| | осень autumn | – | 3,2 | 13,0 | 80,6 | 3,2 | – |
| 2019 | лето summer | – | 3,2 | 9,7 | 87,1 | – | – |
| | осень autumn | – | 6,4 | 12,9 | 71,0 | 9,7 | – |
| 2020 | лето summer | – | 14,3 | 10,7 | 71,4 | 3,6 | – |
| | осень autumn | – | 7,1 | 14,3 | 78,6 | – | – |

**Рис. 2.** Средние концентрации нефтепродуктов в летние и осенние периоды 2016–2020 гг. в донных отложениях различных районов Таганрогского залива и собственно моря**Fig. 2.** Average concentrations of petroleum products in the bottom sediments of different areas of the Taganrog Bay and the Azov Sea in the summer and autumn seasons of 2016–2020

В летний период на всей площади дна моря, как правило, преобладают восстановительные процессы ($rH_2 < 20$), особенно интенсивные в центральном и южном районах моря, что объясняет более высокое содержание нефтепродуктов в этих районах. В осенний период преобладают окислительные процессы, но интенсивность их незначительна (rH_2 не более 30) (рис. 3).

Уровень загрязнения донных отложений определяется не только антропогенной нагрузкой, но и их гранулометрическим составом. В зависимости от типа грунта донные отложения по-разному адсорбируют, накапливают и десорбируют загрязняющие вещества. Поэтому учет гранулометрического состава донных осадков при сравнительной оценке их загрязненности является неперенным условием. Для сравнительной оценки загрязнения донных отложений разного гранулометрического

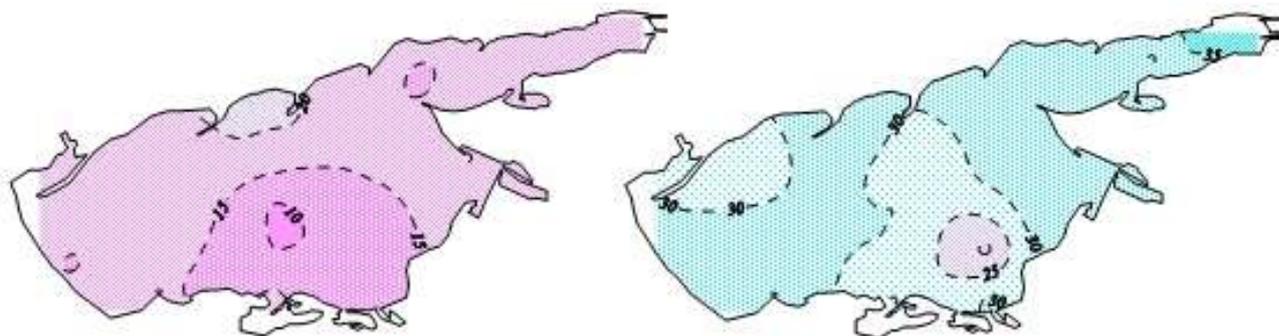


Рис. 3. Типичное распределение показателей окислительно-восстановительных процессов в донных отложениях Азовского моря в летний и осенний периоды

Fig. 3. Typical distribution of the indicators of redox processes in the Azov Sea bottom sediments in the summer and autumn seasons

кого состава использована кратность обнаруженных концентраций НП в анализируемой пробе донных отложений по сравнению со средней характерной концентрацией (СХК), установленной для данного типа грунта. Эта относительная величина не зависит от сорбционной способности донных отложений и позволяет проводить сравнение загрязненности различных районов моря [13]. Для расчета СХК использовались многолетние данные по содержанию нефтепродуктов в донных отложениях различного гранулометрического состава Азовского моря.

Значения кратности СХК нефтепродуктов в донных отложениях моря в различные сезоны 2016–2020 гг. менялись в пределах от 0,05 до 2,60, составив в среднем в зависимости от года и сезона наблюдений 0,50–0,87. Наиболее высокие значения превышения СХК нефтепродуктов (2,13 и 2,60) зафиксированы осенью 2019 г. в Таганрогском заливе в зоне влияния стока р. Дон и в районе Ачуевской косы.

Усредненные за 2016–2020 гг. данные значений СХК показывают, что наибольшее поступление НП происходит в осенний период в восточные районы Таганрогского залива и собственно моря и, вероятно, связано с поступлением взвеси рек Дон и Кубань. В летние периоды более высокие значения кратности СХК отмечены в южном районе собственно моря (рис. 4).

ВЫВОДЫ

1. Концентрации нефтепродуктов в 2016–2020 гг. в воде Азовского моря варьировали в летний период от $<0,02$ до $2,0$ мг/дм³, в

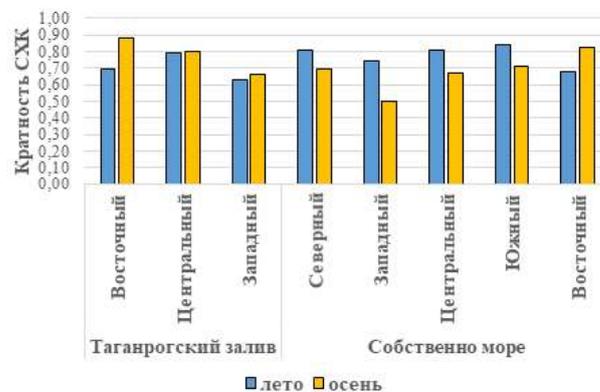


Рис. 4. Значения кратностей СХК в донных отложениях различных районов моря в летний и осенний периоды 2019–2020 гг.

Fig. 4. Values of multiplicity for the average representative concentrations in the bottom sediments in different areas of the sea in the summer and autumn seasons of 2019–2020

осенний — от $<0,02$ до $0,20$ мг/дм³. Средневзвешенные концентрации составляли летом $0,08$ – $2,6$ ПДК, осенью — $0,08$ – $1,2$ ПДК. В предыдущий период наблюдений (1985–2016 гг.) средневзвешенные среднегодовые значения концентрации НП находились в пределах $4,8$ – $10,8$ ПДК, т. е. в последние пять лет концентрации НП в воде моря заметно снизились.

2. В период 2016–2020 гг. в донных отложениях Азовского моря концентрации НП летом находились в диапазоне $<0,02$ – $1,01$ г/кг, осенью — $0,02$ – $0,85$ г/кг сухой массы; средневзвешенные концентрации НП

летом менялись от 0,19 до 0,55 г/кг, осенью — от 0,25 до 0,34 г/кг сухой массы. С 2002 г. концентрации НП в донных отложениях моря, в отличие от концентраций в водной толще, не уменьшаются и находятся в сопоставимом с предыдущим периодом наблюдений диапазоне — 0,20–0,60 г/кг сухой массы.

- Усредненные за 2016–2020 гг. данные значений кратностей СХК, позволяющие проводить сравнение результатов анализа донных отложений различного гранулометрического состава, показывают, что наибольшее поступление компонентов нефтяного загрязнения происходит в осенний период в восточные районы Таганрогского залива и собственно моря и, вероятно, связано с поступлением взвеси рек Дон и Кубань. В летние периоды более высокие значения кратности СХК отмечены в южном районе собственно моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Немировская И.А., Завьялов П.О., Храпцова А.В. Углеводороды в водах и донных осадках Керченского пролива // *Водные ресурсы*. 2021. Т. 48, № 2. С. 1–10. doi: 10.31857/S0321059621020085.
- Темердашев З.А., Павленко Л.Ф., Корпакова И.Г., Ермакова Я.С. Аналитические аспекты определения суммарного содержания и дифференциации антропогенных и биогенных углеводородов в водных экосистемах // *Журнал аналитической химии*. 2018. Т. 73, № 12. С. 887–896.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник. 2017 г. / Под ред. А.Н. Коршенко. М.: Изд-во Государственного океанографического института имени Н.Н. Зубова, 2018. 226 с.
- Распоряжение Правительства РФ от 08.07.2015 № 1316-р «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды» (ред. от 10.05.2019). URL: <http://docs.cntd.ru/document/420286994> (дата обращения 29.01.2021).
- Oil in the sea III: inputs, fates, and effects. Washington: National Academies Press, Transportation Research Board Publ., National Research Council Publ., 2003. 227 p. doi: 10.17226/10388.
- Практическое руководство по химическому анализу элементов водных экосистем. Приоритетные токсиканты в воде, донных отложениях, гидробионтах / Под ред. Т.О. Барабашина. Ростов-н/Д.: Мини Тайп, 2018. 436 с.
- ФР.1.31.2021.38883 Массовая концентрация нефтепродуктов (по сумме углеводородов, смол и асфаль-

тенов) в питьевых, природных (пресных и морских) с учетом биогенного фона и очищенных сточных водах. Методика измерений спектрофотометрическим и флуоресцентным методами / Сост. И.В. Кораблина, Л.Ф. Павленко, Н.С. Анохина, Т.Л. Клименко.

- ФР.1.29.2012.12493 Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и донных отложений пресных и морских водных объектов люминесцентным методом / Сост. Л.Ф. Павленко, Г.В. Скрыпник, Т.Л. Клименко, Н.В. Анохина.
- РД 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям / Сост. В.П. Емельянова, Е.Е. Лобченко. СПб: Изд-во Росгидромета, изд-во Гидрохимического института, 2003. 55 с.
- Павленко Л.Ф., Скрыпник Г.В., Клименко Т.Л., Анохина Н.С., Экилик В.С., Севостьянова М.В., Барабашин Т.О. Многолетняя динамика нефтяного загрязнения среды обитания гидробионтов Азовского моря // *Вопросы рыболовства*. 2018. Т. 19, № 4. С. 534–544.
- Михайлова Л.В. Регламентация нефти в донных отложениях (ДО) сибирских водоемов // *Фундаментальные исследования*. 2008. № 2. С. 96–97.
- Тихонова Е.А., Котельянец Е.А., Соловьева О.В. Оценка уровня загрязнения в донных отложениях крымского побережья Черного и Азовского морей // *Принципы экологии*. 2016. № 5. С. 56–70. doi: 10.15393/j1.art.2016.5283.
- Кленкин А.А., Корпакова И.Г., Павленко Л.Ф., Темердашев З.А. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. Краснодар: Изд-во АЗНИИРХ, Просвещение-Юг, 2007. 324 с.

REFERENCES

- Nemirovskaya I.A., Zavyalov P.O., Khramtsova A.V. Uglevodороды v vodakh i donnykh osadkakh Kerchenskogo proliva [Hydrocarbons in the water and bottom sediments of the Kerch Strait]. *Vodnye resursy [Water Resources]*, 2021, vol. 48, no. 2, pp. 1–10. doi: 10.31857/S0321059621020085. (In Russian).
- Temerdashev Z.A., Pavlenko L.F., Korpakova I.G., Ermakova Ya.S. Analytical aspects of the determination of the total concentration and differentiation of anthropogenic and biogenic hydrocarbons in aquatic ecosystems. *Journal of Analytical Chemistry*, 2018, vol. 73, no. 12, pp. 1137–1145. doi: 10.1134/S1061934818120092.
- Kachestvo morskikh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam. Ezhegodnik. 2017 g. [Marine water pollution. Annual report 2017]. A.N. Korshenko. (Ed.). Moscow: Gosudarstvennyy okeanograficheskiy institut imeni N.N. Zubova [N. N. Zubov State Oceanographic Institute] Publ., 2018, 226 p. (In Russian).
- Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 08.07.2015 N 1316-r "Ob utverzhdenii perechnya zagryaz-

- nyayushchikh veshchestv, v otnoshenii kotorykh primenyayutsya mery gosudarstvennogo regulirovaniya v oblasti okhrany okruzhayushchey sredy” (red. ot 10.05.2019) [Order of the Government of the Russian Federation dated July 8, 2015 No. 1316-r “On approval of the list of pollutants, subjected to state regulation in the field of environmental conservation” (amended May 10, 2019)]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/420286994> (accessed 29.01.2021). (In Russian).
5. Oil in the sea III: inputs, fates, and effects. Washington: National Academies Press, Transportation Research Board Publ., National Research Council Publ., 2003, 227 p. doi: 10.17226/10388.
 6. Prakticheskoe rukovodstvo po khimicheskomu analizu elementov vodnykh ekosistem. Prioritetnye toksikanty v vode, donnykh otlozheniyakh, gidrobiontakh [Practice guidelines for chemical analysis of the components of aquatic ecosystems. Priority toxicants in water, bottom sediments, and hydrobionts]. T.O. Barabashin. (Ed.). Rostov-on-Don: Mini Tayp [Mini Type], 2018, 436 p. (In Russian).
 7. FR.1.31.2021.38883 Massovaya kontsentratsiya nefteproduktov (po summe uglevodorodov, smol i asfal'tenov) v pit'evykh, prirodnykh (presnykh i morskikh) s uchetom biogennogo fona i ochishchennykh stochnykh vodakh. Metodika izmereniy spektrofotometricheskimi i fluorestantsnymi metodami [Federal Register 1.31.2021.38883 The mass concentration of petroleum products (based on the sum of hydrocarbons, resins and asphaltenes) in drinking, natural (fresh and marine) waters with regard to the biogenic background, and treated wastewater. Methodology for measurement using spectrophotometric and fluorescent methods]. I.V. Korablina, L.F. Pavlenko, N.S. Anokhina, T.L. Klimenko. (Eds.). (In Russian).
 8. FR.1.29.2012.12493 Metodika izmereniy massovoy doli nefteproduktov v probakh pochv i donnykh otlozheniy presnykh i morskikh vodnykh ob'ektov lyuminescentnym metodom [Federal Register 1.29.2012.12493 Methodology for measurement of mass fraction of petroleum products in the samples of soils and bottom sediments of marine and freshwater bodies using fluorescent method]. L.F. Pavlenko, G.V. Skrypnik, T.L. Klimenko, N.V. Anokhina. (Eds.). (In Russian).
 9. RD 52.24.643-2002 Metod kompleksnoy otsenki stepeni zagryaznennosti poverkhnostnykh vod po gidrokhimicheskimi pokazatelyam [Regulatory Document 52.24.643-2002 Method of comprehensive assessment of the pollution rate of exposed continental waters using hydrochemical indicators]. V.P. Emelyanova, E.E. Lobchenko. (Eds.). Saint-Petersburg: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2003, 55 p. (In Russian).
 10. Pavlenko L.F., Skrypnik G.V., Klimenko T.L., Anokhina N.S., Ekilik V.S., Sevostyanova M.V., Barabashin T.O. Mnogoletnyaya dinamika neftyanogo zagryazneniya sredy obitaniya gidrobiontov Azovskogo morya [Long-term dynamics of oil pollution of hydrobionts environment in the Azov Sea]. *Voprosy rybolovstva [Problems of Fisheries]*, 2018, vol. 19, no. 4, pp. 534–544. (In Russian).
 11. Mikhaylova L.V. Reglamentatsiya nefi v donnykh otlozheniyakh (DO) sibirskikh vodoemov [Regulations on oil content in the bottom sediments (BS) of Siberian water bodies]. *Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental Research]*, 2008, no. 2, pp. 96–97. (In Russian).
 12. Tikhonova E.A., Kotelyanets E.A., Solovyeva O.V. Otsenka urovnya zagryazneniya v donnykh otlozheniyakh krymskogo poberezh'ya Chernogo i Azovskogo morey [Evaluation of the contamination level of sea bottom sediments on the Crimean coast of the Black and Azov Seas]. *Printsipy ekologii [Principles of the Ecology]*, 2016, no. 5, pp. 56–70. doi: 10.15393/j1.art.2016.5283. (In Russian).
 13. Klenkin A.A., Korpakova I.G., Pavlenko L.F., Temerdashev Z.A. Ekosistema Azovskogo morya: antropogennoe zagryaznenie [Ecosystem of the Sea of Azov: anthropogenic pollution]. Krasnodar: AzNIIRKH Publ., Prosveshchenie-Yug [Awareness-South], 2007, 324 p. (In Russian).

Поступила 27.01.2021

Принята к печати 15.03.2021